



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

①⑫ Patentschrift  
①⑩ DE 41 09 844 C 1

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup>:  
G 01 S 17/10  
G 01 S 7/48

②① Aktenzeichen: P 41 09 844.7-35  
②② Anmeldetag: 26. 3. 91  
④③ Offenlegungstag: —  
④⑤ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 11. 6. 92

DE 41 09 844 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:

Eltro GmbH, Gesellschaft für Strahlungstechnik,  
6900 Heidelberg, DE

⑦② Erfinder:

Büchtemann, Wolf, Dr., 7400 Tübingen, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 36 30 401 C1  
GB 22 18 589 A  
GB 22 18 588 A  
(EP 0259699 A1, B1);

⑤④ Laserentfernungsmesser mit faseroptischem Laufzeitglied

⑤⑦ Laserentfernungsmesser, der nach dem Prinzip der Laufzeitmessung arbeitet und im wesentlichen aus einem kurze Impulse ausstrahlenden Sender, einem nach der Reflexion am Ziel einen Teil der reflektierten Strahlung aufnehmenden Empfänger und einer faseroptischen Referenzstrecke besteht, wobei der wenigstens einmal über die Referenzstrecke geführte Strahlungsanteil zuvor mittel- oder unmittelbar aus dem Sendekegel ausgekoppelt wird. Dieses Gerät soll dahingehend verbessert werden, daß eine noch genauere Messung der Meßimpuls-Flugzeit in einem weiten Entfernungsbereich ohne besonderen zusätzlichen Aufwand möglich wird. Erreicht wird dies durch wenigstens zwei über ein optisches Koppellement miteinander funktionell verbundene Glasfasern, von denen eine aus dem Sendekegelbereich kommend bis zu einer die Strahlung nachweisenden Fotodiode führt, während die andere entweder eine in sich geschlossene Ringform oder eine beiderseits mit Spiegeln begrenzte, gestreckte Form aufweist, so daß bei jedem Umlauf ein Teil der Strahlung ebenfalls auf die Fotodiode geführt wird.

DE 41 09 844 C 1

Die Erfindung bezieht sich auf einen Laserentfernungsmesser nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Ein Laserentfernungsmesser dieser Art ist Gegenstand der EP 02 59 699. Hier wird ein Teil der Sendenergie dazu benutzt, um in einem Glasstab mittels Mehrfachreflexion eine interne Zeitbasis für Entfernungsmessungen zu gewinnen. Mit dieser geometrischen Ausbildung lassen sich jedoch die Flugzeiten der Meßimpulse nicht immer und für alle Vorgaben, z. B. für einen genügend großen Entfernungsbereich, hinreichend genau erfassen.

Aus der GB 22 18 589 A und der GB 22 18 588 A ist sodann jeweils ein optischer Entfernungssimulator für nach dem Prinzip der Laufzeitmessung arbeitende Laserentfernungsmesser bekannt, wobei eine geschlossene Lichtleitfaser als simulierte Meßstrecke verwendet wird, in die der Sendepuls des Lasers über ein optisches Koppellement eingekoppelt und nach dem Durchlaufen der Meßstrecke über ein optisches Auskoppellement dem Empfangseingang des Lasers zugeführt wird. Hierbei dient eine Lichtleitfaser mit geschlossener Ringform als optische Referenzstrecke, sie wird jedoch zur Überprüfung der Funktion des Laserempfängers und nicht als internes Zeitnormal für die Entfernungsmessung verwendet.

Aufgabe der Erfindung ist es, das bekannte Gerät dahingehend zu verbessern, daß eine noch genauere Messung der Meßimpuls-Flugzeit ohne besonderen zusätzlichen Aufwand möglich wird. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die im Kennzeichen des Anspruchs 1 genannten Merkmale gelöst. Eine solche Anordnung ist sendepulsunabhängig und langlebig. Darüber hinaus läßt die rasante Weiterentwicklung auf dem Gebiet der Glasfaseroptik künftig eine preiswerte Fertigung der hierfür erforderlichen Fibern erwarten.

Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 10 ermöglicht eine angepaßte Einkopplung des Referenzsignals auch in Glasfasern die entweder für den gerade erforderlichen Wellenlängenbereich oder auch aus preislichen Gründen nicht besonders geeignet sind.

Auch die restlichen Unteransprüche enthalten Weiterbildungen des der Erfindung zugrunde liegenden Gedankens.

Im folgenden werden an Hand einer Zeichnung Ausführungsbeispiele der Erfindung näher erläutert, wobei die in den einzelnen Figuren einander entsprechenden Teile dieselben Bezugszahlen aufweisen. Es zeigt

Fig. 1 die Schemaskizze eines Laserentfernungsmessers mit faseroptischem Laufzeitglied, bestehend aus einer Zuleitung und einer in sich geschlossenen Glasfaser, die über einen Richtkoppler miteinander funktionell verbunden sind,

Fig. 2 die in sich geschlossene Glasfaser gemäß Fig. 1 mit zwei Richtkopplern und

Fig. 3 eine Zuleitung beliebiger Form, die über einen Richtkoppler mit einer gestreckten Glasfaser funktionell verbunden ist.

Fig. 1 zeigt schematisch einen Laserentfernungsmesser mit Sender 1 und Empfänger 2, der nach dem Laufzeitprinzip arbeitet. Hierbei strahlt der Sender einen kurzen Impuls aus, der an dem Objekt, dessen Entfernung zu messen ist, reflektiert wird, so daß schließlich im Empfänger ein Signal erzeugt wird. Die Zeit zwischen Aussendung und Empfang des Laserimpulses wird gemessen, woraus die Entfernung über die Lichtgeschwin-

digkeit bestimmt wird. Insofern handelt es sich um bekannten Stand der Technik. Problematisch dagegen ist die genaue Messung der Flugzeit des Impulses, was mit der vorliegenden Erfindung gelöst wird.

Beim Sender 1 wird vermöge eines halbdurchlässigen Spiegels 3 oder anderer Maßnahmen, z. B. durch einen zeichnerisch nicht dargestellten Vollspiegel am Rande des Sendestrahls, ein Teil der Strahlung z. B. mittels einer Linse 4 in eine Glasfaser 5 eingekoppelt. Ein anderes, zeichnerisch gleichfalls nicht dargestelltes Ausführungsbeispiel sieht vor, das eine Glasfaserende direkt in dem Strahlenkegel des Senders anzuordnen. Bei der verwendeten Glasfaser handelt es sich vorzugsweise um eine Monomode-Faser. Bei dieser Art Faser hat das Licht eine einheitliche Ausbreitungsgeschwindigkeit, so daß kurze Impulse (im Bereich von Nanosekunden) auch nach Durchlaufen von mehreren Kilometern in ihrer Form nicht verändert werden. Bei den Monomode-Fasern gibt es "Richtkoppler", die — anders als bei klassischen optischen Elementen — Strahlung nur in einer Richtung durchlassen, wovon bei der Erfindung Gebrauch gemacht wird.

Die Strahlung in der Glasfaser 5 wird nun mit Hilfe des Koppellements 7, das vornehmlich ein symmetrischer Richtkoppler ist, in eine in sich geschlossene Glasfaser 6 eingekoppelt. Richtkoppler haben üblicherweise vier Anschlüsse, die mit a, b, c und d gekennzeichnet sind. Wählt man z. B. einen Einkoppelungsgrad von 2%, so gelangen von der Energie, die bei a in Pfeilrichtung verläuft, 2% nach d und 98% nach b. Die Strahlung bei b wird mit der Fotodiode 9, die als Referenzempfänger fungiert und mit 98% ein sehr starkes Signal erhält, nachgewiesen. Der 2%-Anteil dagegen durchläuft die in sich geschlossene Glasfaser 6 gemäß dem Rundpfeil im Uhrzeigersinn. Es gibt Glasfasern im nahen Infrarot (z. B. 900 nm, 1300 nm, 1500 nm), die sehr geringe Dämpfungen aufweisen, so daß der Impuls auch nach Durchlaufen von mehreren hundert Metern bis mehreren Kilometern noch nachweisbar ist.

Der Richtkoppler 7 koppelt im angegebenen Ausführungsbeispiel 2% der Strahlung, die bei c ankommt, nach b aus, so daß auch diese Strahlung mit der Fotodiode 9 nachgewiesen werden kann. 98% der Strahlung gelangen nach d, wo ein neuer Durchlauf beginnt. Da bei den nächsten Durchläufen gleichfalls nur immer 2% der Energie ausgekoppelt werden, lassen sich mit der Fotodiode 9 mehrere hundert Durchläufe nachweisen.

Die Länge des Ringes 6 und damit die Laufzeit wird der gewünschten Entfernungsauflösung des Entfernungsmessers angepaßt. Sie kann von wenigen Zentimetern bis (prinzipiell) mehrere Kilometer betragen. Dies ist sowohl von der Dämpfung her möglich als auch von der Unterbringung der Faser, die dünn ist (ca. 0,1 mm) und aufgewickelt werden kann.

Entsprechend dem Ausführungsbeispiel von Fig. 2 kann wenigstens noch ein weiterer Richtkoppler 8 vorgesehen sein. Hierbei kann die Strahlung auf dieselbe Fotodiode 9 gebracht werden, oder auch — nicht gezeichnet — auf mehrere.

Diese Maßnahme wird man besonders dann wählen, wenn die gewünschte Entfernungsauflösung bzw. die zugehörige Zeitauflösung kleiner ist als die Laserpuls-länge. Läßt man hier die Zuleitung 11 weg, erhält man ein System, das funktionell demjenigen von Fig. 1 entspricht, bei dem die Fotodiode aber einen wesentlich geringeren dynamischen Bereich bewältigen muß. Man benötigt dann allerdings zwei Richtkoppler. Statt des Richtkopplers 7 in Fig. 2 kann in einem nicht dargestell-

ten Ausführungsbeispiel auch ein "Y"-Koppler verwendet werden. Die Zuleitung 11 entfällt dann ebenfalls.

Statt der bisher diskutierten ringförmigen Lösung ist gemäß Fig. 3 auch eine gestreckte Ausführungsform möglich, bei der zwei Spiegel 16 und 17 die Faser 14 begrenzen. Die Einkopplung erfolgt über den weiteren Richtkoppler 15. Auch hier wählt man wieder einen geringen Einkoppelgrad, z. B. 2%, da die an den Spiegeln reflektierte Welle jeweils mit dem Koppelwirkungsgrad des Richtkopplers 15 ausgekoppelt wird.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird das Signal von Referenzempfänger 9 dazu verwendet, den Zähler 13 um EINS weiterzuschalten. Der Zähler muß dazu vor Beginn der Messung über den "Reset"-Eingang 19 auf NULL gesetzt werden. Die vom Ziel reflektierte Strahlung wird im Empfänger 2 mit Hilfe von dessen Detektor in ein elektrisches Signal umgewandelt, und stoppt den Zähler, sofern das Signal nach geeigneter Verstärkung einen Schwellenwert übersteigt. Das Produkt aus Zählerstand (um 1 vermindert) und optischer Weglänge der Glasfaser 6 bzw. 14 ergibt dann direkt die Entfernung, wenn man die optischen und elektrischen Laufzeiten in den Zuleitungen zum Zähler 13 berücksichtigt.

Da gegenwärtig für das mittlere und langwellige Infrarot (ca. 3 bis 14  $\mu\text{m}$ ) Glasfasern geringer Dämpfung entwickelt werden, ist eine Anwendung der Erfindung auch in diesem Wellenlängenbereich möglich.

Falls für den Laser 1 keine (technisch oder preislich) geeignete Glasfaser erhältlich ist, bietet sich noch folgende nicht gezeichnete Variante an: Synchron mit dem eigentlichen Lasersender wird ein anderer Lasersender oder eine lichtemittierende Diode angesteuert, der bzw. die in einem geeigneten Wellenlängenbereich, vorzugsweise bei 1300 oder 1500 nm, arbeitet. Als Vorteile ergeben sich hierbei eine angepaßte Einkopplung in die Glasfaser 5 sowie die freie Wahl der Pulslänge.

#### Patentansprüche

1. Laserentfernungsmesser, der nach dem Prinzip der Laufzeitmessung arbeitet und im wesentlichen aus einem kurze Impulse ausstrahlenden Sender, einem nach der Reflexion am Ziel einen Teil der reflektierten Strahlung aufnehmenden Empfänger und einer faseroptischen Referenzstrecke besteht, wobei der wenigstens einmal über die Referenzstrecke geführte Strahlungsanteil zuvor mittel- oder unmittelbar mit Hilfe der faseroptischen Referenzstrecke aus dem Sendekegel ausgekoppelt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß sich die faseroptische Referenzstrecke aus wenigstens zwei über ein optisches Koppellement (7; 15) miteinander funktionell verbundene Glasfasern (5 und 6 bzw. 14) zusammensetzt, von denen eine aus dem Sendekegelbereich kommend bis zu einer die Strahlung nachweisenden Fotodiode (9) führt, während die andere entweder eine in sich geschlossene Ringform oder eine beiderseits mit Spiegeln begrenzte, gestreckte Form aufweist.
2. Laserentfernungsmesser nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die in sich geschlossene Glasfaser (6) und die Fotodiode (9) noch über mindestens ein weiteres optisches Koppellement (8) miteinander verbunden sind (Fig. 3).
3. Laserentfernungsmesser nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Länge der geschlossenen sowie der beiderseits mit Spiegeln (16;

17) begrenzten, gestreckten Glasfaser (6 bzw. 14) der Entfernungsauflösung des Gerätes angepaßt ist.

4. Laserentfernungsmesser nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß Glasfasern (5; 6; 14) von größenordnungsmäßig 0,1 mm Durchmesser und einer Länge von wenigen cm bis hin zu mehreren km Verwendung finden, die in letzterem Fall in aufgewickelter Zustand vorgesehen sind.

5. Laserentfernungsmesser nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die optischen Koppellemente (7; 8; 15) in Form von Richtkopplern Verwendung finden.

6. Laserentfernungsmesser nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlung aus dem Bereich des Richtkopplers (7; 8) über eine faseroptische Zuleitung (11; 12) nach der Fotodiode (9) gelangt.

7. Laserentfernungsmesser nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß jedem Richtkoppler (7; 8) bzw. jeder faseroptischen Zuleitung (11; 12) eine eigene Fotodiode (9) zugeordnet ist.

8. Laserentfernungsmesser nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der eine Richtkoppler (7) und die zugehörige Zuleitung (11) durch einen "Y"-Koppler ersetzt sind.

9. Laserentfernungsmesser nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Fotodiode (9) einen Zähler (13) betätigt, der von dem verstärkten Signalimpuls des Empfängers (2) anhaltbar ausgebildet ist.

10. Laserentfernungsmesser nach einem der vorausgehenden Ansprüche, der dadurch gekennzeichnet ist, daß synchron zu ihm ein weiterer, vorzugsweise in den Wellenlängenbereichen von 1300 oder 1500 nm arbeitender Lasersender oder eine entsprechende lichtemittierende Diode zwecks Einkopplung von Strahlung in Glasfasern (5) von technisch oder preislich weniger geeigneter Art angesteuert wird.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

— Leerseite —

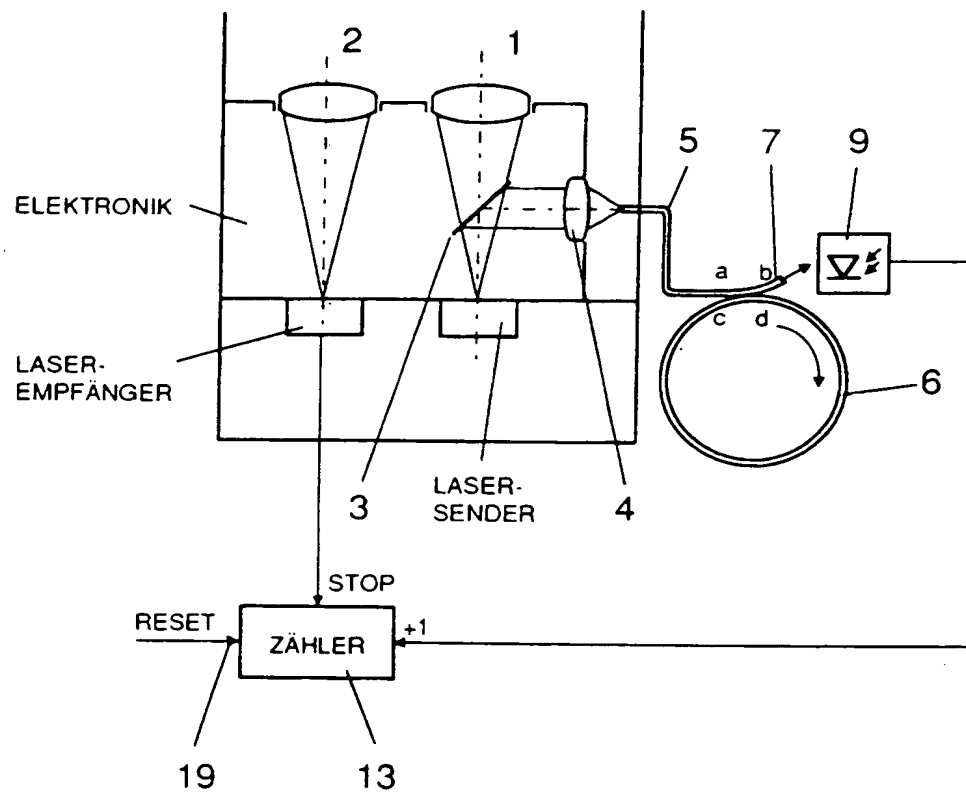


FIG.1

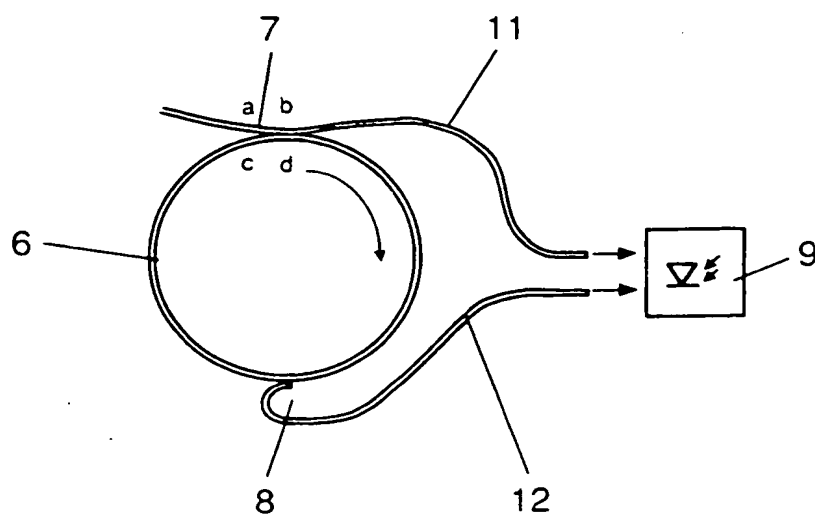


FIG. 2

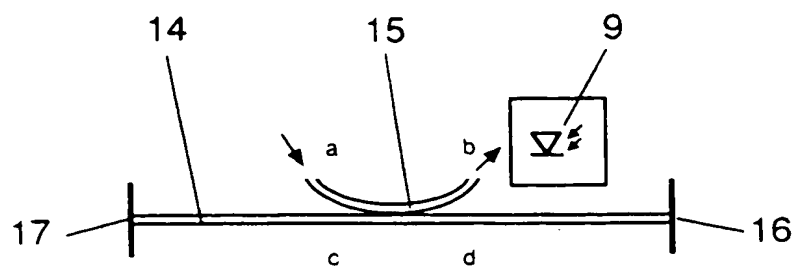


FIG. 3